



ISSN: 1984-3151

REMOÇÃO DE *MICROCYSTIS AERUGINOSA* E MICROCISTINA EM ÁGUA EUTROFIZADA ATRAVÉS DO PROCESSO COMBINADO DE COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO SEGUIDO DE NANOFILTRAÇÃO

REMOVAL AND *MICROCYSTIS AERUGINOSA* AND MICROCYSTIN EUTROPHIC WATER THROUGH THE COMBINED PROCESS OF COAGULATION/FLOCCULATION FOLLOWED NANOFILTRATION

**Franciele Pereira Camacho¹; Livia de Oliveira Ruiz Moreti²; Flávia Sayuri Arakawa³;
Quelen Letícia Shimabuku⁴; Priscila Ferri Coldebella⁵; Karina Cardoso Valverde⁶;
Fernando Alves da Silva⁷; Gleicielle Tozzi Wurzler⁸; Gabriela Nascimento da Silva⁹;
Rosangela Bergamasco¹⁰**

Recebido em: 05/09/2013 - Aprovado em: 18/11/2013 - Disponibilizado em: 30/11/2013

- 1 Doutoranda em Engenharia Química PEQ/UEM. Maringá. Mestre em Engenharia Química. Universidade Estadual de Maringá, 2012. PR. franciele_camacho@hotmail.com.
- 2 Mestranda em Engenharia Química PEQ/UEM. Bióloga. Universidade Estadual de Maringá, 2011. Maringá, PR.li.moreti@hotmail.com.
- 3 Doutoranda em Engenharia Química PEQ/UEM. Maringá. Mestre em Engenharia Química. Universidade Estadual de Maringá, 2011. PR. flaviasayuri@gmail.com.
- 4 Doutoranda em Engenharia Química PEQ/UEM. Maringá. Mestre em Engenharia Química. Universidade Estadual de Maringá, 2011. PR. le.shimabuku@gmail.com.
- 5 Doutoranda em Engenharia Química PEQ/UEM. Maringá. Mestre em Engenharia Agrícola. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2006. PR. priscila.ferri@bol.com.br.
- 6 Doutoranda em Engenharia Química PEQ/UEM. Maringá. Mestre em Engenharia Química. Universidade Estadual de Maringá, 2007. PR. karinacordeirocardoso@hotmail.com.
- 7 Mestrando em Engenharia Química. PEQ/UEM. Maringá, Graduação em Engenharia Química. Universidade Estadual de Maringá, 2012. PR. fernando.aseq@hotmail.com.
- 8 Graduada em Engenharia Química. Universidade Estadual de Maringá, 2012. gleicytw@hotmail.com.
- 9 Graduada em Engenharia Química. Universidade Estadual de Maringá, 2010. gabriela_engquim@hotmail.com.
- 10 Doutora em Engenharia Química. Universidade Estadual de Maringá, 1984. Professora da Universidade Estadual de Maringá, PR. rosangela@deq.uem.br.

Recebido em: 05/09/2013 - Aprovado em: 15/11/2013 - Disponibilizado em: 30/11/2013

RESUMO: O processo de tratamento convencional é capaz de remover as células de cianobactérias, mas são pouco eficientes na remoção das cianotoxinas, necessitando de técnicas complementares para a remoção dessa fração dissolvida. Nesse contexto, a nanofiltração apresenta-se como tecnologia eficaz na remoção de

cianotoxinas. Assim, a associação dos processos de coagulação/floculação/sedimentação (C/F/S) e nanofiltração (NF), como uma sequência de tratamento para águas oriundas de ambientes eutrofizados, torna-se relevante e, desta forma, foi adotada como objeto do presente estudo. Para os testes, foi preparada uma "água sintética", utilizando água deionizada e posterior contaminação com células de *Microcystisaeruginosa*, para obter concentração da ordem de $10^6 - 10^7$ céls/mL. A metodologia adotada neste trabalho foi realizada em duas etapas: 1) processo C/F/S usando os Tanfloc SG, SL e SS como coagulantes naturais para determinação da concentração ótima do coagulante 2) processo de NF utilizando as membranas NF-90 e NF-270, com características ligeiramente distintas, na pressão de 5 bar. O desempenho do tratamento como um todo C/F/S+NF, avaliado a partir dos parâmetros físico-químicos (turbidez, cor e pH) e microbiológicos (contagem de células de cianobactéria e concentração de microcistina-LR).

PALAVRAS-CHAVE: Coagulação/Floculação. Nanofiltração. Cianobactérias.

ABSTRACT: The conventional treatment process is capable of removing cyanobacteria cells but are inefficient in removing cyanotoxins, requiring additional techniques for removing dissolved fraction of that. In this context, nanofiltration, is presented as a technology effective in removing cyanotoxins and, for this reason, the combination of the processes of coagulation / flocculation / sedimentation (C / F / S) and nanofiltration (NF), as a result of treatment for waters originating from eutrophic environments, it becomes wide relevance, having been adopted as the object of this study. For the tests was prepared a "synthetic water", using deionized water and subsequent contamination with cells from *Microcystisaeruginosa*, to obtain concentration in the range 106-107 cells / mL. The methodology adopted in this study was performed in two steps: 1) Case C / F / S using Tanfloc SG, SL and SS as natural coagulants for determining the optimum concentration of coagulant 2) process using NF membranes NF-90 and NF -270 with slightly different characteristics, at a pressure of 5 bar. The performance of the treatment as a whole C / F / S + NF was evaluated from the physico-chemical parameters (turbidity, color and pH) and microbial (cyanobacterial cell counts and concentration of microcystin-LR).

KEYWORDS: Coagulation / Flocculation. Nanofiltration. Cyanobacteria.

1 INTRODUÇÃO

As cianobactérias despertam grande interesse dos especialistas em tratamento de água para abastecimento humano não apenas pela sua capacidade de produzir sabor e odor na água, como também pela geração de toxinas, que causam riscos à saúde humana e animal. Esses compostos orgânicos produzidos pelas cianobactérias chamam-se cianotoxinas. Acredita-se que as cianobactérias produzem tais compostos para se proteger contra espécies zooplânctônicas. Outras teorias sugerem a competição por recursos ou as condições de crescimento (CALIJURI; ALVES; SANTOS, 2006).

No ambiente aquático, essas cianotoxinas geralmente permanecem contidas dentro das células das cianobactérias e são liberadas em quantidades substanciais durante a lise celular que ocorre na fase de senescência (morte natural), estresse celular, uso de algicidas (como sulfato de cobre), ou cloração. De acordo com suas estruturas químicas, as cianotoxinas

podem ser incluídas em três grandes grupos: os peptídeos cíclicos, os alcaloides e os lipopolissacarídeos. A toxicidade dela é diversa, variando de efeitos hepatotóxicos, neurotóxicos e dermatotóxicos (SIVONEN; JONES, 1999). A última é produzida por cianobactéria em geral (CARVALHO *et al.*, 2006) e, ao contato, causam irritações na pele, transtornos gastrointestinais ou alergias (YUNES *et al.*, 2000). A grande maioria dos estudos está concentrada nas duas primeiras classes, em virtude do número elevado de casos de intoxicações que as envolvem (CHORUS; BARTRAM, 1999; CARMICHAEL *et al.*, 2001).

As hepatotoxinas são responsáveis pela maioria das intoxicações causadas por cianobactérias. Apresentam uma ação mais lenta que as neurotoxinas, mas podem causar a morte num intervalo de poucas horas a poucos dias. As espécies já identificadas como produtoras dessas hepatotoxinas pertencem aos gêneros *Microcystis* sp, *Anabaena* sp,

Nodulariasp, *Oscillatoriasp*, *Nostocsp.*, e *Cylindrospermopsis* (CARMICHAEL *et al.*, 2001).

De acordo com Zagatto (1997), espécies do gênero *Microcystis* têm sido responsáveis por mais de 65% dos casos de intoxicação em seres humanos e animais. Esse gênero de cianobactéria é capaz de produzir a cianotoxinamicrocistina, que tem ação hepatotóxica, e a espécie *Microcystisaeruginosa* é a mais comumente associada a florações ao redor do mundo (SANT'ANNA *et al.*, 2008). Neste estudo, foi utilizada como modelo de remoção essa espécie, visto que é a cianobactéria que mais ocorre no Brasil.

Estudos mostram que o principal alvo desta toxina é o fígado, mas outros órgãos, como o timo, rins e coração também são afetados (FALCONER, 1996). As microcistinas já estiveram envolvidas em muitos casos de intoxicações ao redor do mundo, causadas por exposições agudas ou sub-crônicas. Os dois casos conhecidos de intoxicação por microcistinas, causando mortes humanas, ocorreram no Brasil. Uma floração de *Anabaena sp.* e *Microcystis sp.* na represa de Itaparica (Bahia) foi a provável responsável por 2000 casos de gastroenterite, resultando em 88 mortes, a maioria crianças (TEIXEIRA *et al.*, 1993). Outro caso trágico ocorreu em fevereiro de 1996, quando 52 pacientes de uma clínica de hemodiálise em Caruaru (Pernambuco) morreram com sintomas de hepatotoxicose após receberem água contaminada com microcistina durante tratamento rotineiro de hemodiálise (CARMICHAEL *et al.*, 2001).

A primeira ação remediativa adotada pelas companhias de água diante de uma floração de cianobactérias tóxicas em um manancial é a interrupção do uso dessa água para tratamento. No entanto, devido às leis cada vez mais rígidas e ao despertar da sociedade para a necessidade de melhorias no que tange a saúde pública, outra alternativa que tem sido estudada é a utilização de sistemas avançados mais eficazes, capazes de

impedir a contaminação da água e, consequentemente, de seus consumidores.

Companhias de abastecimento de água de alguns países como Holanda, Inglaterra, Estados Unidos, Austrália, Japão estão construindo várias instalações de filtração por membranas com a finalidade de obtenção de água potável. Haja vista que, desde os anos 60, com o desenvolvimento de vários tipos de membranas, descobriu-se o seu grande potencial no tratamento de água, como a remoção de matéria orgânica natural (MON), pesticidas, micropoluentes orgânicos e metálicos e, ainda, os nitratos.

Dentre os diferentes processos de separação por membranas, classificados em função do tipo de membrana utilizada e demais princípios de separação, a microfiltração (MF) e a ultrafiltração (UF) têm sido estudadas com o objetivo de remoção de células de cianobactérias. A nanofiltração (NF), por sua vez, tem sido pesquisada como um processo promissor na remoção de cianotoxinas, por apresentar baixa porosidade, entre 0,001 e 0,01 μm . A NF é capaz de reter compostos moleculares de 200 a 1.000 Da, valores em que se inclui grande parte das cianotoxinas, como a microcistina-LR e a saxitoxina-STX, que apresentam peso molecular médio de 980 Da e 258 Da, respectivamente.

Portanto, a utilização de coagulantes naturais nos processos de coagulação e floculação e, também, o processo combinado de coagulação/floculação/filtração com membranas são uma opção ao tratamento convencional, pois a adição de coagulantes antes de unidades de filtração, com a sedimentação, pode aumentar a remoção de matéria orgânica natural, reduzindo os produtos formados pela desinfecção e diminuindo a adição de produtos químicos no processo de tratamento da água, além de melhorar a qualidade da água final.

2 METODOLOGIA

As células *Microcystisaeruginosa*(Kützing) Kützing (BCCUSP232), produtoras de microcistinas (MC+), pertencem ao *Brazilian Cyanobacteria Collection of University of São Paulo* e foram cultivadas no Laboratório de Gestão, Controle e Preservação Ambiental do Departamento de Engenharia Química, da Universidade Estadual de Maringá (UEM).

As culturas de *M. aeruginosa* foram mantidas em micro, meso e macrocosmos, até atingirem uma concentração da ordem de 10^6 céls/mL, que é representativa de uma floração. Essa concentração foi escolhida também em razão de esse valor ser empregado comumente em trabalhos que visam avaliar a sua remoção de cianobactérias. O cultivo da espécie de cianobactéria foi mantido no meio ASM-1 autoclavado, preparado com água deionizada. Para isso, foram utilizados erlenmeyers de 250 mL (microcosmo) e aquários com capacidade de 30 L (mesocosmos) até 500 L (macrocosmos), sob condições de máxima assepsia, temperatura controlada em torno de 24°C, sob lâmpadas fluorescentes (Philips TLT 20 W/75 S cool) com foto-período de 12 horas.

O crescimento das células foi monitorado por meio de observações feitas através de microscópio. Para contagens de células de cianobactéria no cultivo, foi utilizada uma lâmina de microscópio com marcação em quadrante e de dimensões conhecidas, denominada câmara de Neubauer. Essa câmara, além de requerer pequena quantidade da amostra (100 µL), tem a vantagem de o trabalho de contagem ser facilitado pela existência das marcações na própria lâmina.

Com relação à cianotoxina, neste estudo avaliou-se a remoção de 10,0 µg/L de microcistina- LR (MC-LR),

obtida a partir da lise das células *M. aeruginosa* proveniente do cultivo macrocosmos. As células de cianobactéria foram submetidas ao processo de gelo/degelo por três vezes consecutivas, provocando o rompimento completo da célula e a liberação da toxina intracelular. Após o processo de lise, o concentrado era filtrado em membranas de fibra de vidro 0,45 µm para a remoção do material particulado e realizada a análise por imunoenensaio ELISA com o kit de placas da *Beacon Analytical Systems Inc.* A placa de reação contém 96 poços, e o volume requerido de amostra é de 50 µL.

Utilizados como coagulante natural, os produtos Tanfloc SG, SL e SS, este caracterizado como um polímero orgânico-catiônico de baixo peso molecular, apresentando coloração escura e elevada viscosidade. O produto foi cedido pela empresa Tanac, estabelecida no Estado do Rio Grande do Sul. Na obtenção da concentração ótima dos coagulantes, os testes de coagulação/floculação/sedimentação (C/F/S) foram conduzidos em um equipamento Jar-Test (Nova Ética- modelo 218 LDB). As condições experimentais para o processo de C/F/S foram: gradiente de mistura rápida (100 rpm), tempo de mistura rápida (3 min), gradiente de mistura lenta (10 rpm), tempo de mistura lenta (15 min) e o tempo de sedimentação 60 min (MADRONA *et al.*, 2010).

Nesse sentido, a “água sintética” com uma concentração de *M. aeruginosa* (10^6 céls/mL) foi tratada inicialmente pela etapa de C/F/S, possibilitando, assim, o aumento na eficiência da etapa de nanofiltração. Nesta fase, objetivou-se avaliar a eficiência de duas membranas da Dow ChemicalCompany® em relação à remoção da microcistina- LR. As características das membranas estão de acordo com Nghiem e Hawkes (2009), apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Membranas usadas no módulo de filtração de nanofiltração (NF).

Membranas	Peso Molecular	Material	Hidrofobicidade
NF-90	200	Poliamidatotalmente aromática	Hidrofóbica
NF-270	300	Poliamida com base de piperazina semi-aromática	Hidrofóbica

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 1a a 1c mostram a porcentagem de remoção de *M. aeruginosa*, cor aparente e turbidez respectivamente para as diferentes concentrações dos coagulantes Tanfloc SG, SL e SG utilizadas no processo de C/F/S.

De acordo com os resultados obtidos, pode-se observar que as melhores remoções de *M. aeruginosa* foram para os coagulantes Tanfloc SG e SL (Figura

3a). Para o Tanfloc SG, a remoção variou de 75,94 a 98 %, e as maiores remoções na faixa de concentração 125 a 300 mg/L. Em relação ao Tanfloc SL, a remoção variou de 29,88 a 93,68%, as melhores remoções foram com o aumento do coagulante. Isso foi diferente do observado para o Tanfloc SS, que apresentou grandes variações em relação à quantidade da solução adicionada, sendo a melhor remoção para concentração de 225 (46,98) e 275 mg/L (47,22%).

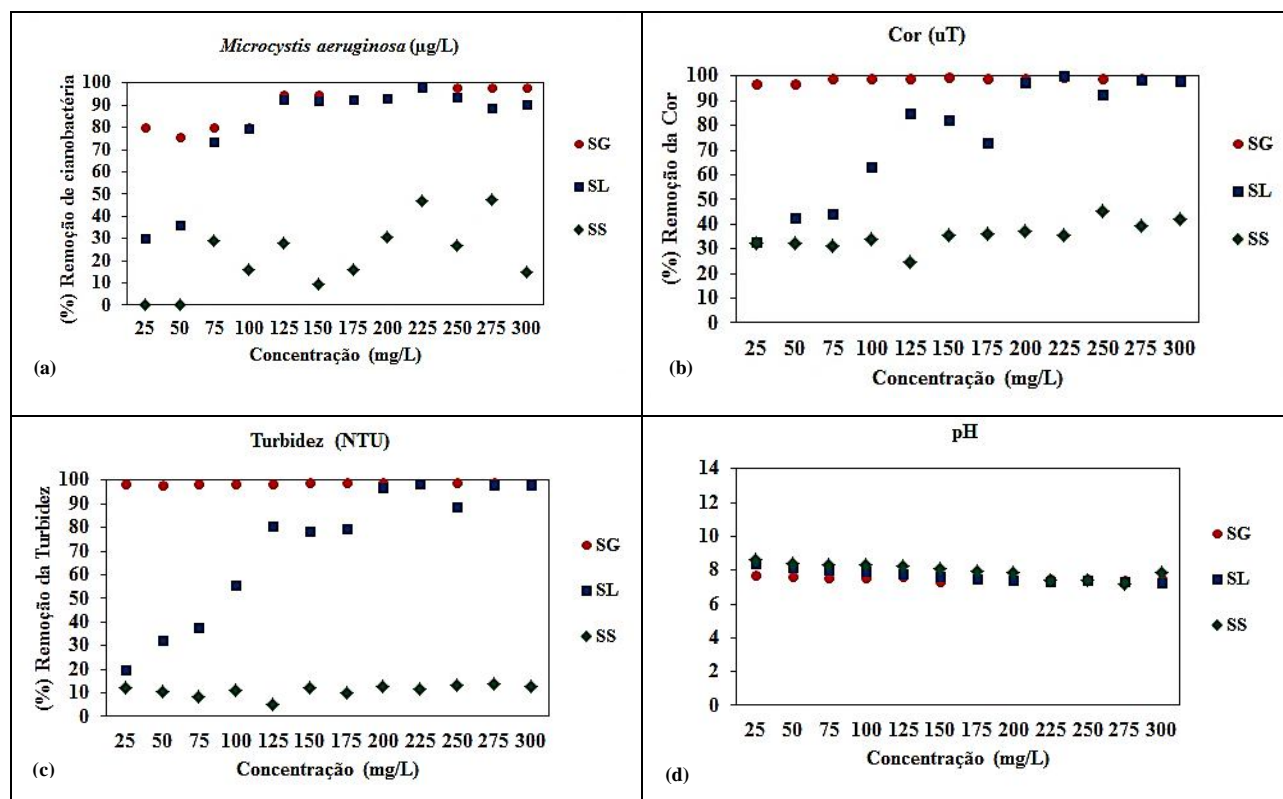


Figura 1 – Porcentagem de remoção para *M. aeruginosa* (a), cor aparente (b), turbidez (c) e valor de pH (d) para os três coagulante utilizados (Tanfloc SG, SL e SS) nos ensaios de C/F/S.

Na sequência de tratamento, a etapa de coagulação/floculação é provavelmente a mais crítica na remoção das cianobactérias. A baixa densidade

das algas tende a mantê-las continuamente no estado fluante. Dessa forma, condições de coagulação que produzam um floco com boas características de

sedimentação são essenciais para uma sedimentação eficiente. Isso é justificável, considerando que os melhores desempenhos ocorreram com os coagulantes Tanfloc SG e SL, com a formação de flocos maiores essenciais para uma eficiente

sedimentação (Figura 2). Já para o Tanfloc SS, foram observadas formações de flocos mais leves, que tendem a ficar na superfície, e conseqüentemente a etapa de sedimentação é reduzida.

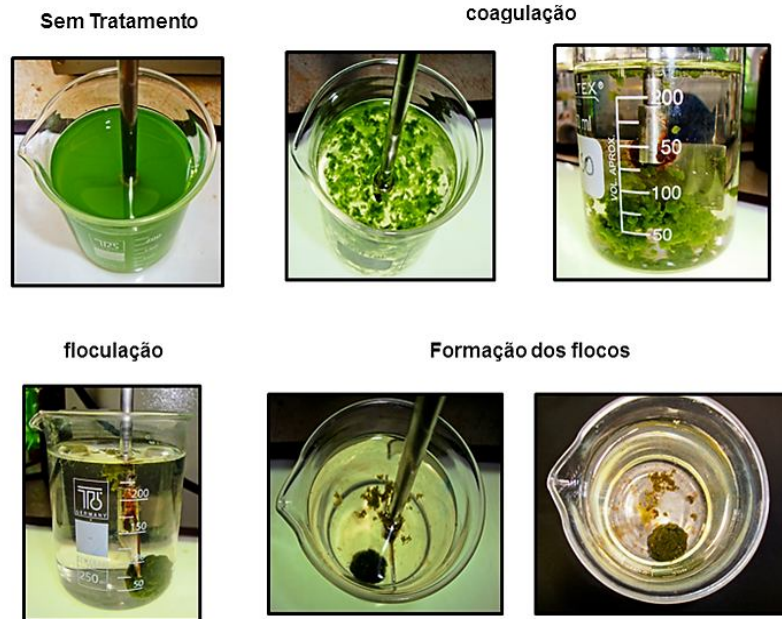


Figura 2- Processo de C/F/S sem adição do coagulante e com adição do coagulante Tanfloc SG.

Analisando a prática de tratamento de água na remoção da cianobactéria *Microcystis aeruginosa*, Vlaski; Van Breeman e Alaerts (1996) confirmaram o que já havia sido reportado por Edzwald (1993): para a etapa de sedimentação ser efetiva, são requeridos extensos períodos de floculação. Além disso, flocos de algas frequentemente demandam doses mais altas, tanto de coagulantes quanto de auxiliares de floculação.

Segundo Edzwald (1993), a estabilidade da superfície de algas, o que dificulta a remoção dela pelo processo de tratamento de água convencional, deve-se a três fatores: (1) interações eletrostáticas repulsivas por causa da carga superficial; (2) efeito hidrofílico em razão das moléculas de águas adsorvidas na superfície das células; (3) efeito esférico devido às

macromoléculas adsorvidas ou matéria orgânica extracelular.

Dessa forma, o processo de coagulação/floculação às vezes não é suficiente para desestabilizar suspensões de cianobactérias. Enquanto a carga superficial é uma importante propriedade das cianobactérias que afeta sua estabilidade, outros fatores são também importantes, como a matéria orgânica extracelular (MOE).

Alguns tipos de cianobactéria têm compostos macromoleculares adsorvidos à sua parede celular periférica, que consistem principalmente em polissacarídeos, pectinas, lipoproteínas e ácidos poliamínicos. Essas substâncias que recobrem as cianobactérias têm uma consistência gelatinosa, são excretadas durante o crescimento dela, influenciando

substancialmente no comportamento de sedimentação e filtração de cianobactérias floculadas. Muitas delas, segundo Bernhart e Calsen (1991), comportam-se como polieletrólitos aniônicos, enquanto algumas parecem ser de natureza não-iônica. A MOE pode causar estabilidade devido a efeitos esféricos, ou pode auxiliar a floculação através da formação de pontes entre as partículas, dependendo da força iônica (EDZWALS, 1993).

Com relação à cor aparente, observa-se que os valores obtidos para os três coagulantes utilizados estão próximos dos encontrados para a remoção de cianobactéria (Figura 3a). Comparando com as melhores eficiências de remoção para cor aparente e turbidez, os melhores resultados foram observados para o Tanfloc SG, com uma remoção de cor aparente acima 98,80% para a faixa de concentração entre 125 a 300 mg/L (Figura 3b). O mesmo comportamento foi observado para a turbidez com a utilização desse mesmo coagulante com remoções de 98,43% para a mesma faixa de concentração.

Em relação aos valores de pH das amostras para os três coagulantes utilizados, observou-se que o pH se mantém, na média, em 7,6, com variação de aproximadamente 10%. Verificou-se também pouca variação entre as amostras independentemente da quantidade de solução de tanfloc adicionada, o que consiste em uma das vantagens do tanino como agente coagulante, ou seja, sua adição não altera significativamente o pH da água. Ao contrário do tratamento com coagulantes químicos, como por exemplo o sulfato de alumínio, em que é necessário ajustar o pH da água para melhorar sua ação coagulante, aumenta-se a quantidade e o custo de reagentes químicos para tratamento de água.

Embora os resultados obtidos no presente estudo utilizando C/F/S tenham sido satisfatórios na remoção de *M. aeruginosa*, cor e turbidez, este processo não foi eficiente na remoção da cianotoxina (MC-LR). A

média de eliminação da microcistina-LR foi de aproximadamente 10% após a C/F/S para os três coagulantes utilizados, sendo que em alguns casos nem houve a remoção. O mesmo comportamento foi observado por Hoeger, Hitzfeld e Dietrich (2004). Os autores detectaram que, mesmo com uma excelente remoção de células de cianobactérias da água bruta ($\geq 99\%$), após um processo de tratamento convencional (coagulação/floculação/sedimentação, adição opcional de carvão ativado em pó, filtração em areia, cloração), não foi alcançada a eliminação das toxinas liberadas ou já presentes na água.

A média de eliminação de microcistina e saxitoxinas na estação de tratamento estudada por Hoeger, Hitzfeld e Dietrich (2004) foi de aproximadamente 40% após a sedimentação e 60% depois da filtração. Essa porcentagem de remoção deveu-se à remoção de células, e não à remoção de toxinas livres. É importante ressaltar que esse é um dos raros trabalhos que relatam a remoção de saxitoxinas no tratamento convencional. Os autores encontraram também que a proporção de microcistina extracelular (livre) aumentou de 17,5% na água bruta para 97,9% após sedimentação e filtração. Isso pode ser explicado pela degradação do material celular no lodo do decantador e das células que permaneceram no filtro de areia. Dessa forma, a remoção do lodo e a lavagem dos filtros no tempo adequado são essenciais para minimizar o aumento da concentração de cianotoxinas na água filtrada.

Portanto, como forma de melhorar o desempenho do presente estudo, a literatura menciona que os processos de separação com membranas são uma tecnologia promissora na obtenção de elevadas eficiências de remoção de cianotoxinas (CHORUS; BARTRAM, 1999; HITZFELD; HOGER; DIETRICH, 2000), sendo a nanofiltração escolhida de acordo com a necessidade e o objetivo do tratamento.

Em relação ao processo combinado, C/F/S +NF, foram utilizadas amostras pré-tratadas com o coagulante Tanfloc SG, que apresentou os melhores resultados obtidos para os parâmetros avaliados comparados com os outros coagulantes, como observado na Figura 1.

Para os ensaios, realizou-se inicialmente a compactação da membrana com água ultra-pura e

posteriormente a filtração das águas pré-tratadas com cianotoxinas (microcistina-LR), com o intuito de verificar a possível ocorrência de *fouling* na membrana. A Figura 3 apresenta os gráficos de fluxo permeado referente aos ensaios com membrana NF-90 e NF-270, na pressão 5 bar.

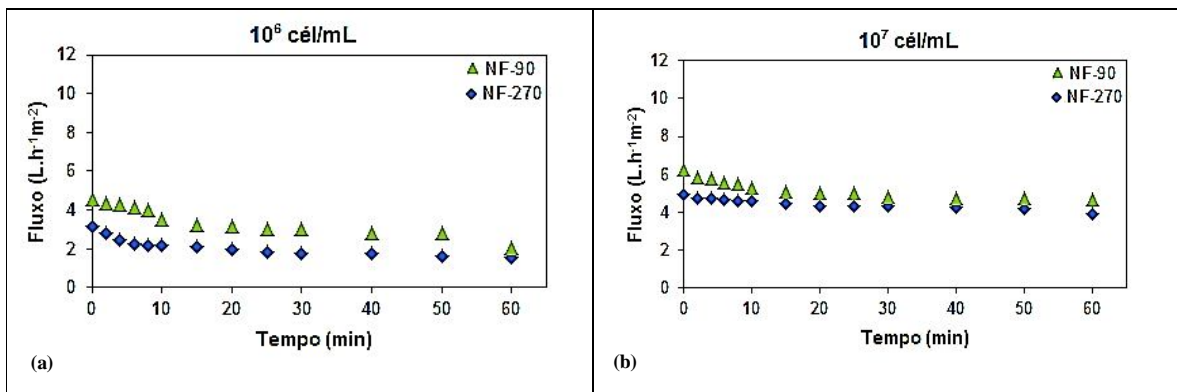


Figura 3– Fluxo do permeado na pressão de 5 bar utilizando o Tanfloc SG para as densidade celular 10⁶cél/mL (a) e 10⁷cél/mL (b) para as diferentes membranas (NF-90 e NF-270)

Pode-se observar na Figura 4 que, para as amostras de água com baixa densidade celular (10⁶cél/mL), o fluxo médio do permeado com a membrana NF-90 foi de 3,4669 L/h⁻¹m² e para NF-270 foi de 2,1303 L/h⁻¹m². Já para as amostra de água com elevada densidade celular (10⁷cél/mL), o fluxo médio do permeado com a membrana NF-90 foi de 5,2575 L/h⁻¹m² e para NF-270 foi de 4,4755 L/h⁻¹m².

A redução deste fluxo durante o processo de filtração pode ser atribuída à deposição de material sobre a superfície das membranas ou no interior dos poros, caracterizando fenômenos como a polarização por concentração e o *fouling*. As partículas menores do que os poros tendem a se depositar nas paredes do poro, ocasionando uma redução efetiva no diâmetro deste, diminuindo, dessa forma, o fluxo permeado. Quanto maior o diâmetro da partícula depositada na

superfície da membrana, mais drástica tende a ser a redução do fluxo.

Para os resultados obtidos dos processos combinados de C/F/S + NF, não foram observadas células de *Microcystis aeruginosa* e nem detectado microcistina-LR (MC-LR) na água tratada. Assim, considera-se que a concentração tanto das células como da MC-LR estava abaixo do limite de detecção. O mesmo comportamento foi observado por Dixon *et al.* (2011) utilizando processo combinados com membranas para remoção de células de cianobactérias e cianotoxinas.

4 CONCLUSÕES

A sequência do tratamento C/F/S+NF produziu água com parâmetros dentro dos limites da Portaria MS nº 2.914/2011, podendo ser considerada uma barreira

segura para a remoção de cianobactérias e cianotoxinas em águas de abastecimento, de forma a

permitir que os riscos à saúde sejam minimizados.

REFERÊNCIAS

- CALIJURI, Maria do Carmo; ALVES, Michela Suely A.; SANTOS, André C. A. **Cianobactéria e Cianotoxinas em águas continentais**. São Carlos: Rima, 118 p. 2006.
- CARMICHAEL, W. W., AZEVEDO, S. M. F. O., J. S. AN, R. J. R. MOLICA, E. M. JOCHIMSEN, S. LAU, K. L. RINEHART, G. R. SHAW, G. K. EAGELSHAM, Human Fatalities from Cyanobacteria: Chemical and Biological Evidence for Cyanotoxins. 571 **Environmental Health Perspectives** 109 (7) 663-668, 2001.
- CHORUS, I.; BARTRAM, J. **Toxic Cyanobacteria in Water: A Guide to Their Public Health Consequences, Monitoring and Management**. World Health Organization/E&FN Spon/Routledge, London, 1999.
- CARVALHO, S. M. C. *et al.* Primeiro registro de florações de cianobactérias tóxicas em reservatório utilizado para abastecimento público no Estado do Ceará. VIII SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, SIBESA, Fortaleza- Ceará, Brasil, **Anais...** p. 1-8, 2006.
- DIXON, M. B., C. H. L. FALCONET, C. W. K. CHOW, B. K. O'NEILL, G. NEWCOMBE, Removal of cyanobacterial metabolites by nanofiltration from two treated waters. 629 **Journal of Hazardous Materials** 188(1-3) 288-295, 2011.
- EDZWALD J. K. Algae, bubbles, coagulants and dissolved air flotation. **Water Science and Technology**, 27 (10), 67-81, 1993.
- FALCONER, I. R. Potential impact on human health of toxic cyanobacteria. **Phycologia**, 35 (6), 6-11, 1996.
- HITZFELD, Bettina C.; HOGGER, Stefan J.; DIETRICH, Daniel R. Cyanobacterial toxin: removal during drinking water treatment, and human risk assessment. **Environmental Health Perspectives**, v. 108 (Suppl. I), p. 113-122, 2000.
- HOEGER, S.J., B.C. HITZFELD, D.R. DIETRICH, Occurrence and elimination of cyanobacterial toxins in drinking water treatment plants. **Toxicology and Applied Pharmacology** 203 (3) 231-242. 587, 2004.
- MADRONA, G. S. *et al.* Study of the Effect of saline Solution on the Extraction of the *Moringaoleifera* Seed's Active Component for Water Treatment. **Water, Air and Soil Pollution** 211 (1-4), 409-415, 2010.
- NGHIEM, L. D.; HAWKES S., Effects of membrane fouling on the nanofiltration of 657 trace organic contaminants. **Desalination**. 236, 273-281, 2009.
- SANT'ANNA, C. L. *et al.* Review of toxic species of Cyanobacteria in Brazil. **Algological Studies** 126 (1), 251-265, 2008.
- SIVONEN, K; JONES, G. Cyanobacterial toxins. In: Chorus, I. e BARTRAM, J. (eds) **Toxic cyanobacteria in water – A Guide to their Public Health Consequences, Monitoring and Management**. E&FN Spon, Londres, Inglaterra, 41-111, 1999.
- TEIXEIRA, M. G. L. C., COSTA M. C. N., CARVALHO V. L. P., PEREIRA M. S., HAGE E. Gastroenteritis epidemic in the area of the Itaparica Dam. **Bulletin of the Pan American Health Organization (PAHO)** 27 (3) 244-253, 1993.
- VLASKI, A.; VAN BREEMAN, A. N.; ALAERTS, G. J. Optimisation of coagulation conditions for the removal of cyanobacteria by dissolved air flotation or sedimentation. **JournalWater SRT- AQUA**, 45 (5), 253-261, 1996.
- YUNES, J. S. *et al.* Programa AGUAAN: Agilização do Gerenciamento e Utilização de Água com Algas Nocivas. XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Anais...** Porto Alegre, RS. Brasil, 2000.
- ZAGATTO, P. A. **Manual de orientação em casos de florações de algas tóxicas: um problema ambiental e de saúde pública**. Cetesb, São Paulo (série manual), 1997.